

4410/02877 0500 0360

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Takashi UMEMOTO, et al.**

Serial No.: **09/988,815**

Filed: **November 20, 2001**

P.T.O. Confirmation No.: 8820

For: **MAGNETOSTATIC WAVE DEVICE AND DISTURBANCE WAVE
ELIMINATOR**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

COPY OF PAPERS
ORIGINALLY FILED

Date: February 22, 2002

Sir:

The benefit of the following prior foreign applications are hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2000-355214, filed November 22, 2000

Japanese Appln. No. 2000-355215, filed November 22, 2000

Japanese Appln. No. 2000-400628, filed December 28, 2000

In support of this claim, the requisite certified copies of said original foreign applications are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copies.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully Submitted,

ARMSTRONG, WESTERMAN & HATTORI, LLP

William F. Westerman

Attorney for Applicants

Reg. No. 29,988

WFW/jaz
Atty. Docket No. **011548**
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
(202) 659-2930



23850

PATENT TRADEMARK OFFICE

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2000年11月22日

出 願 番 号

Application Number: 特願2000-355214

[ST.10/C]:

[JP2000-355214]

出 願 人

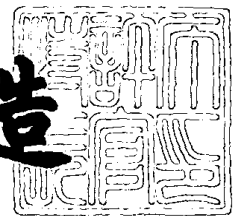
Applicant(s): 三洋電機株式会社

COPY OF PAPERS
ORIGINALLY FILED

2002年 1月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3114777

【書類名】 特許願

【整理番号】 NAA1001041

【提出日】 平成12年11月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01P 1/23

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会
社内

 【氏名】 梅本 卓史

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会
社内

 【氏名】 山野 耕治

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会
社内

 【氏名】 前田 篤志

【特許出願人】

 【識別番号】 000001889

 【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100098305

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 福島 祥人

 【電話番号】 06-6330-5625

【選任した代理人】

 【識別番号】 100109438

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大月 伸介

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 032920

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006012

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 静磁波素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 および第 2 の端面を有し、静磁波材料からなる磁性層を備え、

前記磁性層は、前記第 1 の端面と前記第 2 の端面との間で静磁波を伝搬させ、

前記第 2 の端面は、前記第 1 の端面に対して第 1 の間隔を有する第 1 の部分と、前記第 1 の端面に対して前記第 1 の間隔と異なる第 2 の間隔を有する第 2 の部分とを有することを特徴とする静磁波素子。

【請求項 2】 前記第 1 の部分は、前記第 1 の端面に対して前記第 1 の間隔で平行に配置された第 1 の端面部を含み、

前記第 2 の部分は、前記第 1 の端面に対して前記第 2 の間隔で平行に配置された第 2 の端面部を含むことを特徴とする請求項 1 記載の静磁波素子。

【請求項 3】 前記静磁波素子は、前記第 1 および第 2 の端面間で静磁波を共振させる共振器であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の静磁波素子。

【請求項 4】 前記磁性層は、前記第 1 および第 2 の端面と交わる方向に所定間隔だけ隔てて配置される第 1 および第 2 の磁性層を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の静磁波素子。

【請求項 5】 前記第 1 および第 2 の磁性層のうち的一方の上に配置される入力用線路と、前記第 1 および第 2 の磁性層のうちの他方の上に配置される出力用線路とをさらに備えることを特徴とする請求項 4 記載の静磁波素子。

【請求項 6】 第 1 および第 2 の端面を有し、静磁波を伝搬させる静磁波材料から磁性層を備え、前記磁性層は、前記第 1 および第 2 の端面間に形成された少なくとも 1 本の溝により複数の磁性層に分離され、前記溝の断面は、少なくとも一つの段差を有する階段状であることを特徴とする静磁波素子。

【請求項 7】 前記溝の断面形状は、前記溝の中央部が最も深くかつ鏡面对称であることを特徴とする請求項 6 記載の静磁波素子。

【請求項 8】 前記溝は、機械加工により形成された溝であることを特徴とする請求項 6 または 7 記載の静磁波素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、静磁波を伝搬させる静磁波材料を用いた静磁波素子に関するものである。

【0002】

【従来技術】

近年、YIG（イットリウム-鉄-ガーネット）膜を用いた静磁波素子について種々の研究がなされている。例えば、高周波用フィルタ等に用いられる静磁波素子として、YIG膜を矩形に切断して対向する端面間で静磁波を共振させる直線端共振器（Straight Edge Resonator;SER）等が提案されている。

【0003】

図5は、従来技術の静磁波素子の一例である上記の直線端共振器の構成を示す概略斜視図である。

【0004】

図5に示すように、従来技術の静磁波素子では、導電体14上に誘電体基板16が配置され、誘電体基板16上にYIG膜12が配置され、YIG膜12上にGGG（ガドリニウム-ガリウム-ガーネット）基板13が配置される。また、YIG膜12の両側の誘電体基板16上に、入力用電極11aおよび出力用電極11bが配置されている。YIG膜12およびGGG基板13は、矩形形状に加工され、YIG膜12の長手方向に沿った端面（入力用電極11aおよび出力用電極11bと平行な端面）間で静磁波を共振させ、直線端共振器が構成されている。

【0005】

上記の構成により、入力用電極11aに入力信号が入力されると、この入力信号に対応した高周波磁界が入力用電極11aから発生される。このとき、入力用電極11aおよび出力用電極11bに平行な方向に直流磁界Hが印加されており、入力用電極11aから発生される高周波磁界によりYIG膜12内に静磁波が誘起され、この静磁波がYIG膜12内を伝搬して長手方向に沿った端面間で共振する。この静磁波が出力用電極11bにより電気信号に変換され、出力信号と

して取り出される。このようにして、図 5 に示す静磁波素子は、共振周波数に対応した所定の高周波信号を通過させる高周波フィルタとして機能する。

【 0 0 0 6 】

上記の従来の静磁波素子は、1. 4 mm × 4 mm と小型であり、簡略な構造により Y I G 膜 1 2 の長手方向に沿った端面間における静磁波の共振を主モードとする共振器を構成することができる。しかしながら、この主モードの共振が Y I G 膜 1 2 の長手方向において対向する端面（入力用電極 1 1 a および出力用電極 1 1 b と直交する方向に沿う端面）間のモードの共振と干渉を起こし、共振特性が双峰特性になることが指摘されている。

【 0 0 0 7 】

上記の従来の静磁波素子の通過帯域幅を広げるために、2 つの直線端共振器を結合させた静磁波素子も提案されている。図 6 は、2 つの直線端共振器を結合させた従来の静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

【 0 0 0 8 】

図 6 に示す静磁波素子は、G G G 基板 1 3 と誘電体基板 1 6 との間に配置される 2 つの Y I G 膜 1 2 a, 1 2 b を備え、2 つの Y I G 膜 1 2 a, 1 2 b の内側の対向する端面が間隔 S だけ離間して平行になるように配置される。この静磁波素子では、2 つの Y I G 膜 1 2 a, 1 2 b がそれぞれ直線端共振器として機能するとともに、2 つの直線端共振器が結合され、Y I G 膜 1 2 a, 1 2 b の間隔 S を変化させることにより結合の強さが変化する。

【 0 0 0 9 】

図 7 は、図 6 に示す従来の静磁波素子の周波数特性を示す図である。例えば、間隔 S が約 1 mm 以下の場合、図 7 に示すように、挿入損失は約 - 1 5 d B となり、3 d B 帯域幅は約 1 0 M H z となり、図 5 に示す静磁波素子より通過帯域幅を拡大することができる。

【 0 0 1 0 】

また、近年では、無線 L A N (Local Area Network) 等に採用されるスペクトル拡散通信方式において、2. 4 G H z 帯のスペクトル拡散された入力信号に重畳した狭帯域の妨害波を除去するために静磁波素子を用いることが提案されてい

る。この場合、静磁波素子には、3 dB帯域幅として約30 MHz以上の広い帯域幅が必要とされる。このため、静磁波素子には、周波数選択性を持たせずに静磁波の伝搬可能帯域の全ての帯域で入力信号をフィルタリングするYIG単結晶薄膜が用いられており、この場合の通過帯域幅は、約900 MHzであり、挿入損失は約10 dBである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図6に示す従来の静磁波素子では、図5に示す従来の静磁波素子より通過帯域幅を拡大することはできるが、3 dB帯域幅が約10 MHzであり、無線LAN等に用いられる静磁波素子として通過帯域幅が狭すぎる。また、挿入損失が約15 dBと大きいため、この点でも、無線LAN等に用いられる静磁波素子として使用することはできない。

【0012】

また、上記の無線LAN等に用いられる従来の静磁波素子では、通過帯域幅は十分であるが、通過帯域幅の周波数特性の平坦性が悪く、フィルタリング後の出力信号の復調に悪影響を与える可能性がある。

【0013】

本発明の目的は、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる静磁波素子を提供することである。

【0014】

本発明の目的は、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができ、さらに、容易に製造することができる静磁波素子を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

本発明に係る静磁波素子は、第1および第2の端面を有し、静磁波材料からなる磁性層を備え、磁性層は、第1の端面と第2の端面との間で静磁波を伝搬させ、第2の端面は、第1の端面に対して第1の間隔を有する第1の部分と、第1の

端面に対して第 1 の間隔と異なる第 2 の間隔を有する第 2 の部分とを有するものである。

【0 0 1 6】

本発明に係る静磁波素子においては、磁性層の第 1 の端面と第 2 の端面との間で静磁波が伝搬され、第 2 の端面の第 1 の部分は、第 1 の端面に対して第 1 の間隔を有し、第 2 の部分は、第 1 の端面に対して第 1 の間隔と異なる第 2 の間隔を有している。すなわち、静磁波が伝搬される間隔として、磁性層内において第 1 の間隔と第 2 の間隔との 2 つの間隔が設けられ、第 1 の端面と第 2 の端面の第 1 の部分との間では、第 1 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波が選択的に反射され、第 1 の端面と第 2 の端面の第 2 の部分との間では、第 2 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波が選択的に反射される。

【0 0 1 7】

したがって、選択的に反射することができる静磁波の波長の範囲が拡大し、挿入損失を増大させることなく、静磁波素子の通過帯域幅を拡大することができる。また、磁性層の第 1 の間隔と第 2 の間隔とが異なり、磁性層とその周りの空間との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化しないため、磁性層とその周りの空間とのインピーダンスの整合性が改善され、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる。この結果、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大できるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる。

【0 0 1 8】

第 1 の部分は、第 1 の端面に対して第 1 の間隔で平行に配置された第 1 の端面部を含み、第 2 の部分は、第 1 の端面に対して第 2 の間隔で平行に配置された第 2 の端面部を含むことが好ましい。

【0 0 1 9】

この場合、第 1 の端面部が第 1 の端面に対して第 1 の間隔で平行に配置され、第 2 の端面部が第 1 の端面に対して第 2 の間隔で平行に配置され、平行な各端面間で静磁波をより選択的に反射することができる。

【0 0 2 0】

静磁波素子は、第 1 および第 2 の端面間で静磁波を共振させる共振器であることが好ましい。

【 0 0 2 1 】

この場合、第 1 および第 2 の端面間で静磁波が選択的に共振し、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる共振器を実現することができる。

【 0 0 2 2 】

磁性層は、第 1 および第 2 の端面と交わる方向に所定間隔だけ隔てて配置される第 1 および第 2 の磁性層を含むことが好ましい。

【 0 0 2 3 】

この場合、磁性層が所定間隔だけ隔てて配置された第 1 および第 2 の磁性層から構成され、各磁性層の第 1 の間隔と第 2 の間隔とが異なり、各磁性層とその間の空間との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化しないため、各磁性層とその間の空間とのインピーダンスの整合性が改善され、通過帯域内の周波数特性をより平坦化することができる。

【 0 0 2 4 】

第 1 および第 2 の磁性層のうちの一方の上に配置される入力用線路と、第 1 および第 2 の磁性層のうちの他方の上に配置される出力用線路とをさらに備えることが好ましい。

【 0 0 2 5 】

この場合、入力用線路が一方の磁性層の上に配置され、出力用線路が他方の磁性層の上に配置され、入力用線路および出力用線路と磁性層とが密着され、入力用線路および出力用線路と磁性層との間の損失を低減することができ、挿入損失をより低減することができる。

【 0 0 2 6 】

本発明に係る静磁波素子は、第 1 および第 2 の端面を有し、静磁波を伝搬させる静磁波材料から磁性層を備え、磁性層は、第 1 および第 2 の端面間に形成された少なくとも 1 本の溝により複数の磁性層に分離され、溝の断面は、少なくとも一つの段差を有する階段状であるものである。

【 0 0 2 7 】

本発明に係る静磁波素子においては、磁性層が第 1 および第 2 の端面間に形成された溝により第 1 の端面と溝の一方の側面により形成される端面とを有する磁性層と、第 2 の端面と溝の他方の側面により形成される端面とを有する磁性層とに分離され、溝の断面が少なくとも一つの段差を有する断面形状を有しているため、これらの磁性層のうち少なくとも一つの磁性層は、端面間の間隔が異なり、間隔が異なる端面間で静磁波を共振させる共振器を含む複数の共振器を結合した共振器を作成することができる。

【 0 0 2 8 】

したがって、静磁波が伝搬される間隔として少なくとも一つの磁性層内において異なる間隔が設けられ、異なる波長を有する複数の静磁波を選択的に共振させることができる。この結果、選択的に共振させることができる静磁波の波長の範囲が拡大し、挿入損失を増大させることなく、静磁波素子の通過帯域幅を拡大することができる。

【 0 0 2 9 】

また、溝の断面が階段状であるため、磁性層と溝との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化せず、磁性層と溝とのインピーダンスの整合性が改善され、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる。

【 0 0 3 0 】

さらに、少なくとも 1 本の溝を形成することにより上記の共振器を作成することができるので、その製造方法も容易となる。

【 0 0 3 1 】

この結果、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができ、さらに、容易に製造することができる。

【 0 0 3 2 】

溝の断面形状は、溝の中央部が最も深くかつ鏡面对称であることが好ましい。この場合、溝の断面形状が中央部で最も深くかつ鏡面对称であるため、第 1 および第 2 の端面に対して間隔の異なる端面を各磁性層に容易に形成することができ

、通過帯域幅をより拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性をより平坦化することができる。

【0033】

溝は、機械加工により形成された溝であることが好ましい。この場合、研削、研磨等の機械加工により溝を形成することができるので、化学的なエッチングやイオンミリング等に比べて略矩形形状の深い溝を、磁性層の結晶性等に影響されず、磁性層の任意の位置に高精度に形成することができる。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施の形態による静磁波素子について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の一実施の形態による静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

【0035】

図1に示す静磁波素子は、入力用電極1a、出力用電極1b、2つのYIG（イットリウム-鉄-ガーネット）膜2a、2b、GGG（ガドリニウム-ガリウム-ガーネット）基板3および接地基板4を備える。

【0036】

図1に示すように、接地基板4の上にGGG基板3が配置され、GGG基板3の上にYIG膜2a、2bが配置され、YIG膜2aの上に入力用電極1aが配置され、YIG膜2bの上に出力用電極1bが配置されている。YIG膜2a、2bには、永久磁石または電磁石等からなる磁界発生器（図示省略）によりYIG膜2a、2bの長手方向に沿って直流磁界Hが印加されている。

【0037】

入力用電極1aおよび出力用電極1bは、導電性の良好な金属からなり、例えば、Al、Cu、Au、Ag等を用いることができ、その断面形状は、図示のような四角形状に特に限定されず、円形等の他の形状であってもよい。

【0038】

YIG膜2a、2bは、フェリ磁性体からなる磁性層であり、例えば、GGG基板3の表面に液相エピタキシャル成長させた磁性ガーネット単結晶膜であるY

$3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ 単結晶膜を用いることができる。なお、磁性層としては、この例に特に限定されず、静磁波を伝搬することができれば、他の静磁波材料を用いてもよい。

【0039】

YIG膜2a, 2bは、本実施の形態では、例えば、その幅が約2mm、その長さが5mm、その膜厚が $25\mu\text{m}$ の矩形形状を有し、後述する機械加工により形成された溝5によりGGG基板3上で分離されるとともに、その長手方向の各端面が互いに平行になるように形成されている。なお、この場合のGGG基板3の幅は4.5mmであり、その長さは5mmであり、その厚さは $400\mu\text{m}$ である。

【0040】

次に、上記のように構成された静磁波素子の溝5の断面形状について説明する。図2は、図1に示す静磁波素子の概略断面図である。

【0041】

図2に示すように、溝5の断面形状の上部の幅 t_1 は $500\mu\text{m}$ であり、中間部の幅 t_2 は $300\mu\text{m}$ であり、下部の幅 t_3 は $100\mu\text{m}$ であり、最も浅い部分の深さ d_1 は $10\mu\text{m}$ であり、次に深い部分の深さ d_2 は $20\mu\text{m}$ であり、最も深い部分の深さ d_3 が $30\mu\text{m}$ であり、中央部が最も深く鏡面对称の形状となっている。

【0042】

ここで、YIG膜2a, 2bの厚さは $25\mu\text{m}$ であるため、GGG基板3の表面から深さ $5\mu\text{m}$ だけ溝5の中央部がGGG基板3にも形成されている。したがって、YIG膜2a, 2bがGGG基板3上で完全に分離され、YIG膜2a, 2bの断面形状も溝5を中心として鏡面对称となっている。なお、溝5の深さは、YIG膜2a, 2bを完全に分離することができればよく、YIG膜2a, 2bの厚さと同一にしてもよく、また、GGG基板3内により深く形成してもよい。

【0043】

上記の断面形状を有する溝5により、YIG膜2aでは長手方向の端面20a

に対して第 1 ～第 3 端面 2 0 b ～2 0 d がそれぞれ平行に形成され、各端面間の距離は $100\ \mu\text{m}$ ずつ異なっている。したがって、端面 2 0 a と第 1 の端面 2 0 b との間では、端面 2 0 a と第 1 の端面 2 0 b との間の第 1 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波を主モードとして選択的に共振させる直線端共振器が構成され、端面 2 0 a と第 2 の端面 2 0 c との間では、端面 2 0 a と第 2 の端面 2 0 c との間の第 2 の間隔（第 1 の間隔 + $100\ \mu\text{m}$ ）の 2 倍の波長を有する静磁波を主モードとして選択的に共振させる直線端共振器が構成され、端面 2 0 a と第 3 の端面 2 0 d との間では、端面 2 0 a と第 3 の端面 2 0 d との間の第 3 の間隔（第 1 の間隔 + $200\ \mu\text{m}$ ）の 2 倍の波長を有する静磁波を主モードとして選択的に共振させる直線端共振器が構成されている。

【 0 0 4 4 】

また、溝 5 の断面が鏡面对称に形成されているため、Y I G 膜 2 b においても、Y I G 膜 2 a と同様に、端面 2 1 a と第 1 の端面 2 1 b との間の第 1 の間隔、端面 2 1 a と第 2 の端面 2 1 c との間の第 2 の間隔および端面 2 1 a と第 3 の端面 2 1 d との間の第 3 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波を主モードとして選択的に共振させる直線端共振器が構成されている。

【 0 0 4 5 】

なお、溝 5 の断面形状は、上記の例に特に限定されず、共振器を構成する端面間の間隔が異なるものであれば、他の形状を用いてもよく、例えば、テーパ状、曲線状またはこれらを複合した形状等を用いてもよい。また、各端面を Y I G 膜 2 a, 2 b の長手方向に沿って直線状に形成したが、長手方向に沿って階段状、テーパ状、曲線状等の形状で端面を形成してもよい。

【 0 0 4 6 】

次に、上記のように構成された静磁波素子の動作について説明する。まず、外部から入力信号が入力用電極 1 a に入力されると、この入力信号に対応した高周波磁界が入力用電極 1 a から発生される。このとき、Y I G 膜 2 a の長手方向に沿って直流磁界 H が印加されており、入力用電極 1 a から発生された高周波磁界により Y I G 膜 2 a 内に静磁表面波が誘起される。

【 0 0 4 7 】

Y I G 膜 2 a 内に誘起された静磁表面波のうち端面 2 0 a と第 1 の端面 2 0 b との間の第 1 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波は、端面 2 0 a と第 1 の端面 2 0 b との間で選択的に反射され、このモードを主モードとして選択的に共振する。

【 0 0 4 8 】

また、誘起された静磁表面波のうち端面 2 0 a と第 2 の端面 2 0 c との間の第 2 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波は、端面 2 0 a と第 2 の端面 2 0 c との間で選択的に反射され、このモードを主モードとして選択的に共振する。

【 0 0 4 9 】

さらに、誘起された静磁表面波のうち端面 2 0 a と第 3 の端面 2 0 d との間の第 3 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波は、端面 2 0 a と第 3 の端面 2 0 d との間で選択的に反射され、このモードを主モードとして選択的に共振する。

【 0 0 5 0 】

上記のようにして、Y I G 膜 2 a では、波長の異なる 3 つの静磁波が選択的に共振され、これらの静磁波を Y I G 膜 2 a 内で効率よく伝搬させることができる。

【 0 0 5 1 】

次に、Y I G 膜 2 a の第 1 ～第 3 の端面 2 0 b ～2 0 d と Y I G 膜 2 b の第 1 ～第 3 の端面 2 1 b ～2 1 d とは溝 5 を介して平行に配置されており、Y I G 膜 2 a, 2 b が共振器として結合される。このとき、Y I G 膜 2 a, 2 b では、各端面間の第 1 ～第 3 の間隔が徐々に変化しているため、Y I G 膜 2 a, 2 b とその間の溝 5 (空間、本実施の形態では空気) との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化せず、Y I G 膜 2 a, 2 b と溝 5 とのインピーダンスの整合性が改善される。この結果、第 1 の間隔の 2 倍の波長から第 3 の間隔の 2 倍の波長までの範囲の静磁波を溝 5 を介して Y I G 膜 2 a から Y I G 膜 2 b へ効率よく伝搬させることができる。

【 0 0 5 2 】

ここで、Y I G 膜 2 b も、Y I G 膜 2 a と同様に、端面 2 1 a に対して第 1 ～第 3 の端面 2 1 b ～2 1 d が設けられているので、上記と同様にして、端面 2 1

a と第 1 ～第 3 の端面 2 1 b ～2 1 d との間の第 1 ～3 の間隔の 2 倍の波長を有する静磁波を選択的に共振させ、Y I G 膜 2 b の長手方向に平行な端面間の主モードの静磁波のみを効率よく伝搬させ、波長の異なる 3 つの静磁波を Y I G 膜 2 b 内で効率よく伝搬させることができる。

【0 0 5 3】

このようにして、Y I G 膜 2 a, 2 b がそれぞれ共振器として動作するとともに、Y I G 膜 2 a, 2 b と溝 5 とのインピーダンスの整合性が改善されて両共振器が低損失で結合され、両共振器の主モードの静磁波をより効率的に伝搬させることができる。効率よく伝搬された静磁波は、出力用電極 1 b により電気信号に変換され、出力信号として取り出される。この結果、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる共振器を実現することができる。

【0 0 5 4】

次に、上記のように構成された静磁波素子の製造方法のうち溝 5 の形成方法について説明する。図 3 は、図 1 に示す Y I G 膜に溝を機械加工により形成する方法を説明するための概略斜視図である。

【0 0 5 5】

図 3 に示すブレード 6 は、ダイシングソー装置において図中の y 軸を回転中心として回転可能にかつ図中の z 軸に平行に移動可能に構成された円盤形ブレードであり、その先端部の刃の断面形状は、矩形形状を有しており、矩形形状の溝を形成することができる。ステージ台 9 は、ダイシングソー装置において図中の x 軸および y 軸にそれぞれ平行に移動可能に構成されかつ真空チャッキング機能を有する。

【0 0 5 6】

ブレード 6 としては、例えば、平均粒径 $3\ \mu\text{m}$ のダイヤモンド粒子を用いて電着法により形成され、ダイヤモンド粒子の充填率が 5 0 % で厚さが $100\ \mu\text{m}$ のダイヤモンドブレードを用いることができる。なお、ブレード 6 としては、上記の例に特に限定されず、粉末冶金法により形成されたブレード等を用いてもよく、また、砥粒を熱硬化性樹脂等により固化したブレード等を用いてもよい。

【 0 0 5 7 】

まず、ブレード 6 をダイシングソー装置に装着し、被加工物 7 をワックスによりカーボン台 8 上に固定し、カーボン台 8 を真空チャッキングによりダイシングソー装置のステージ台 9 上に固定する。被加工物 7 は、長さが 4 . 5 mm、幅が 5 mm および厚さが 4 0 0 μ m の G G G 基板 3 の上に厚さ 2 5 μ m の Y I G 膜がエピタキシャル成長により形成されたものである。

【 0 0 5 8 】

次に、ブレード 6 を図中の矢印方向に 3 0 0 0 0 r p m の回転数で回転させるとともに、 $-z$ 方向に移動させて所定位置に固定した状態で、ステージ台 9 を $-x$ 方向に移動させて被加工物 7 の Y I G 膜に深さ 1 0 μ m のストライプ状の溝を形成する。

【 0 0 5 9 】

次に、ステージ台 9 を y 方向へ 4 0 0 μ m だけ移動させた後、上記と同様にブレード 6 を所定位置に固定した状態で、ステージ台 9 を $-x$ 方向に移動させて被加工物 7 の Y I G 膜に深さ 1 0 μ m のストライプ状の溝を形成し、既に形成した溝と 3 0 0 μ m だけ離間して並列に溝を形成する。

【 0 0 6 0 】

次に、ブレード 6 を z 方向へ移動させた後、ステージ台 9 を $-y$ 方向へ 3 0 0 μ m だけ移動させ、その後、ブレード 6 をさらに $-z$ 方向へ 1 0 μ m だけ移動させ、さらに、ステージ台 9 を $-x$ 方向に移動させて被加工物 7 の Y I G 膜に深さ 2 0 μ m のストライプ状の溝を形成する。

【 0 0 6 1 】

次に、ステージ台 9 を y 方向に 2 0 0 μ m だけ移動させた後、上記と同様にブレード 6 を所定位置に固定した状態で、ステージ台 9 を $-x$ 方向に移動させて被加工物 7 の Y I G 膜に深さ 2 0 μ m のストライプ状の溝を形成し、既に形成した深さ 2 0 μ m の溝と 1 0 0 μ m だけ離間して並列に溝を形成する。

【 0 0 6 2 】

次に、ブレード 6 を z 方向へ移動させた後、ステージ台 9 を $-y$ 方向へ 1 0 0 μ m だけ移動させ、その後、ブレード 6 をさらに 1 0 μ m だけ $-z$ 方向へ移動さ

せ、さらに、ステージ台 9 を - x 方向に移動させて被加工物 7 の Y I G 膜および G G G 基板に深さ $30\text{ }\mu\text{m}$ のストライプ状の溝を形成し、図 1 に示すように G G G 基板 3 上に溝 5 により分離された 2 つの Y I G 膜 2 a, 2 b が形成される。

【 0 0 6 3 】

その後、入力用電極 1 a および出力用電極 1 b を所定のマスクを介して蒸着法等により Y I G 膜 2 a, 2 b の上にそれぞれ形成し、図 1 に示すような各段差が $10\text{ }\mu\text{m}$ で最大の溝幅が $500\text{ }\mu\text{m}$ の 3 段の階段形状を有する溝 5 を備える静磁波素子が作成される。

【 0 0 6 4 】

上記のように、本実施の形態では、機械加工により溝 5 を形成しているので、所望の断面形状を有しかつ所望の溝幅および溝深さを有するストライプ状の溝を短時間で形成することができる。また、この機械加工では、Y I G 膜の結晶性や結晶方向に依存することなく、所望の方向に矩形状の溝を高精度に作成することができる。

【 0 0 6 5 】

なお、溝の形成順序は、上記の例に特に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、溝を片側から順次形成したり、中央部から溝を形成したりしてもよく、また、幅の異なる複数のブレード、例えば、 $500\text{ }\mu\text{m}$ の幅を有するブレードを用いて最も浅い溝を一度に加工し、次に、 $300\text{ }\mu\text{m}$ 幅のブレードを用いて次に深い溝を一度に加工し、最後に、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 幅のブレードを用いて最も深い溝を加工するようにしてもよい。

【 0 0 6 6 】

次に、上記の製造方法により作成した図 1 に示す静磁波素子の周波数特性について説明する。図 4 は、図 1 に示す静磁波素子の周波数特性を示す図である。なお、作成した静磁波素子の周波数特性の測定時に用いた直流磁界 H の磁場強度は、 $2.4 \times 10^4\text{ A/m}$ である。

【 0 0 6 7 】

図 4 に示すように、図 1 に示す静磁波素子では、挿入損失が 5.0 dB と小さくなり、また、 3 dB 帯域幅が 40 MHz に拡大されるとともに平坦な特性とな

っており、挿入損失を低下させることができるとともに、通過帯域幅を拡大することができ、さらに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができた。

【0068】

上記のように、本実施の形態では、YIG膜がGGG基板3の上で溝5によりYIG膜2a, 2bに分離され、溝5の断面が階段状の断面形状を有しているため、端面間の間隔が異なるYIG膜2a, 2bを作成することができ、端面間で静磁波を共振させる2つのYIG膜2a, 2bを結合した共振器を作成することができる。

【0069】

したがって、静磁波が伝搬される間隔として、各YIG膜2a, 2b内において3つの間隔が設けられ、異なる波長を有する3つの静磁波が選択的に共振される。この結果、選択的に共振される静磁波の波長の範囲が拡大し、挿入損失を増大させることなく、静磁波素子の通過帯域幅を拡大することができる。

【0070】

また、溝5の断面が階段状であるため、各YIG膜2a, 2bと溝5との間で静磁波に対するインピーダンスが急激に変化せず、各YIG膜2a, 2bと溝5とのインピーダンスの整合性が改善され、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる。さらに、1本の溝5を形成することにより上記の共振器を作成することができるので、その製造方法も容易となる。

【0071】

このように、本実施の形態では、挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができ、さらに、容易に製造することができる。

【0072】

上記のように、本発明による静磁波素子は、挿入損失が小さく、通過帯域幅が広く、かつ通過帯域内の周波数特性が平坦化な共振器として動作することができるので、種々のフィルタリング用途に好適に用いることができる。例えば、直接拡散方式、周波数ホッピング方式等のスペクトル拡散通信方式を用いた妨害波除去装置の高周波フィルタとして好適に用いることができ、無線LAN (Local Ar

ea Network)、CDMA (Code Division Multiple Access) 方式の携帯電話等のいわゆるセルラー無線システム等に用いることができる。

【0073】

なお、上記の説明では、YIG膜2a, 2bの間に階段状の断面を有する溝5を形成して2つの共振器を結合する例を示したが、YIG膜2a, 2bの間に断面が矩形形状の1本の溝を形成し、分離された2つのYIG膜の外側の端面に階段状の端面を形成しても、同様の効果を得ることができる。また、共振器の結合数は、上記の2個に特に限定されず、少なくとも1つの共振器を構成するYIG膜において端面間の間隔が異なっていれば、共振器を単独で用いてもよく、また、3個以上の複数の共振器を結合して用いてもよい。

【0074】

また、本実施の形態では、入力用電極と平行な方向に沿って直流磁界を印加して静磁表面波を用いたが、直流磁界の印加方向は、この例に特に限定されず、他の方向に沿って印加して静磁後進体積波または静磁前進体積波等を用いてもよい。また、印加する直流磁界の磁場強度も、上記の例に特に限定されず、種々の変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の一実施の形態による静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

【図2】

図1に示す静磁波素子の概略断面図である。

【図3】

図1に示すYIG膜に溝を機械加工により形成する方法を説明するための概略斜視図である。

【図4】

図1に示す静磁波素子の周波数特性を示す図である。

【図5】

従来の静磁波素子の一例である直線端共振器の構成を示す概略斜視図である。

【図6】

2つの直線端共振器を結合させた従来の静磁波素子の構成を示す概略斜視図である。

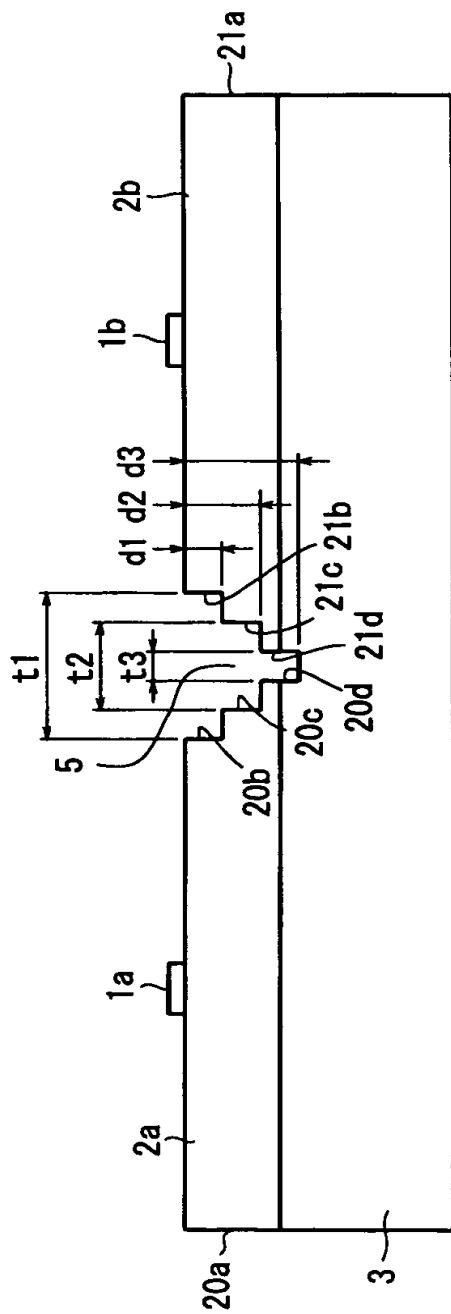
【図 7】

図 6 に示す従来の静磁波素子の周波数特性を示す図である。

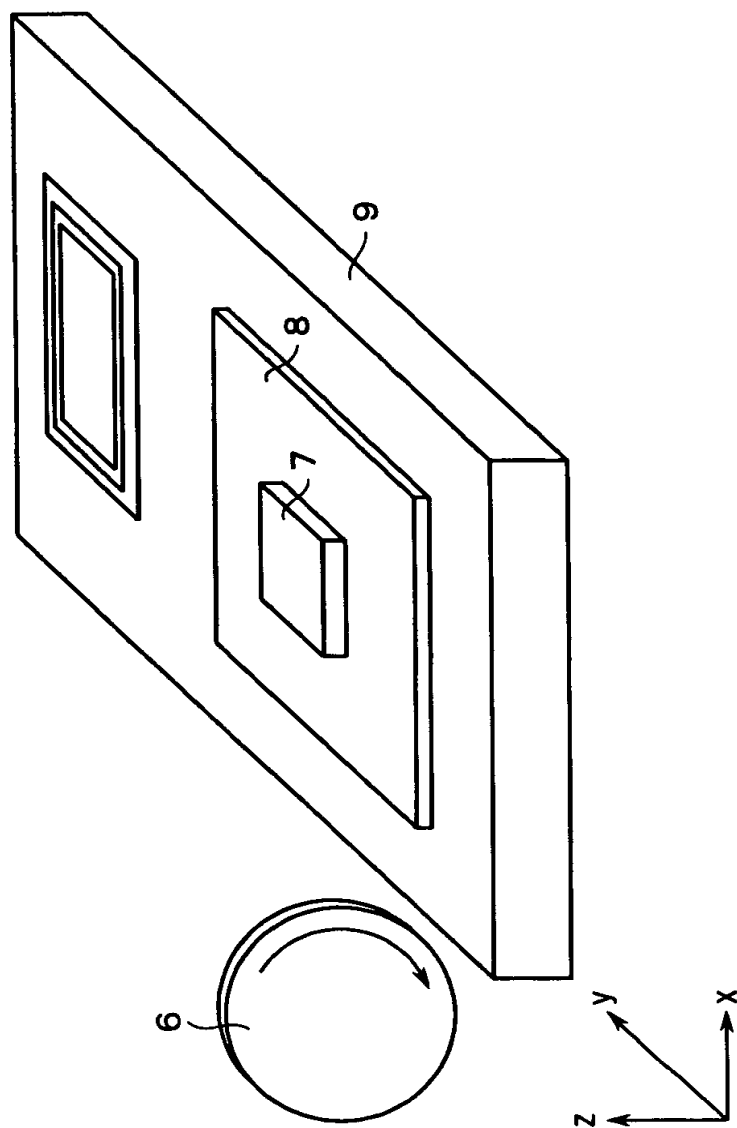
【符号の説明】

- 1 a 入力用電極
- 1 b 出力用電極
- 2 a, 2 b Y I G 膜
- 3 G G G 基板
- 4 接地基板

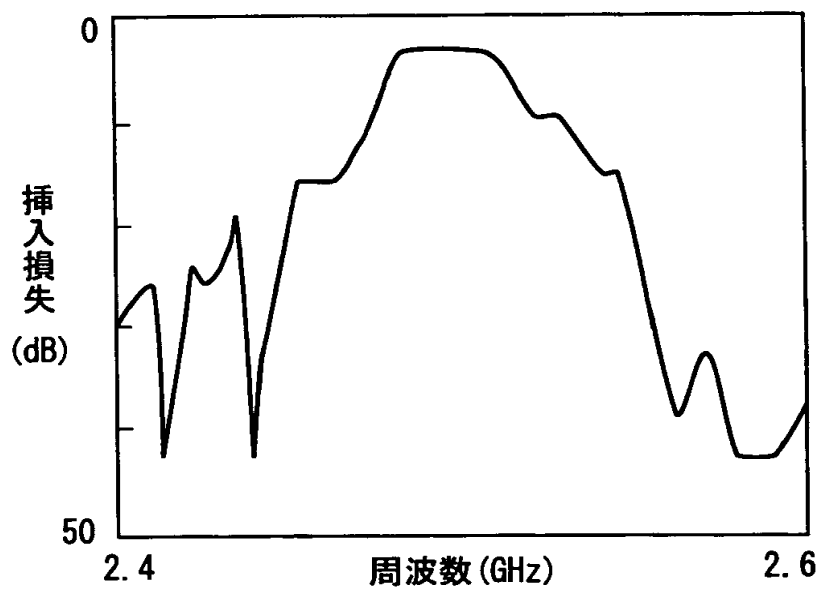
【図 2】



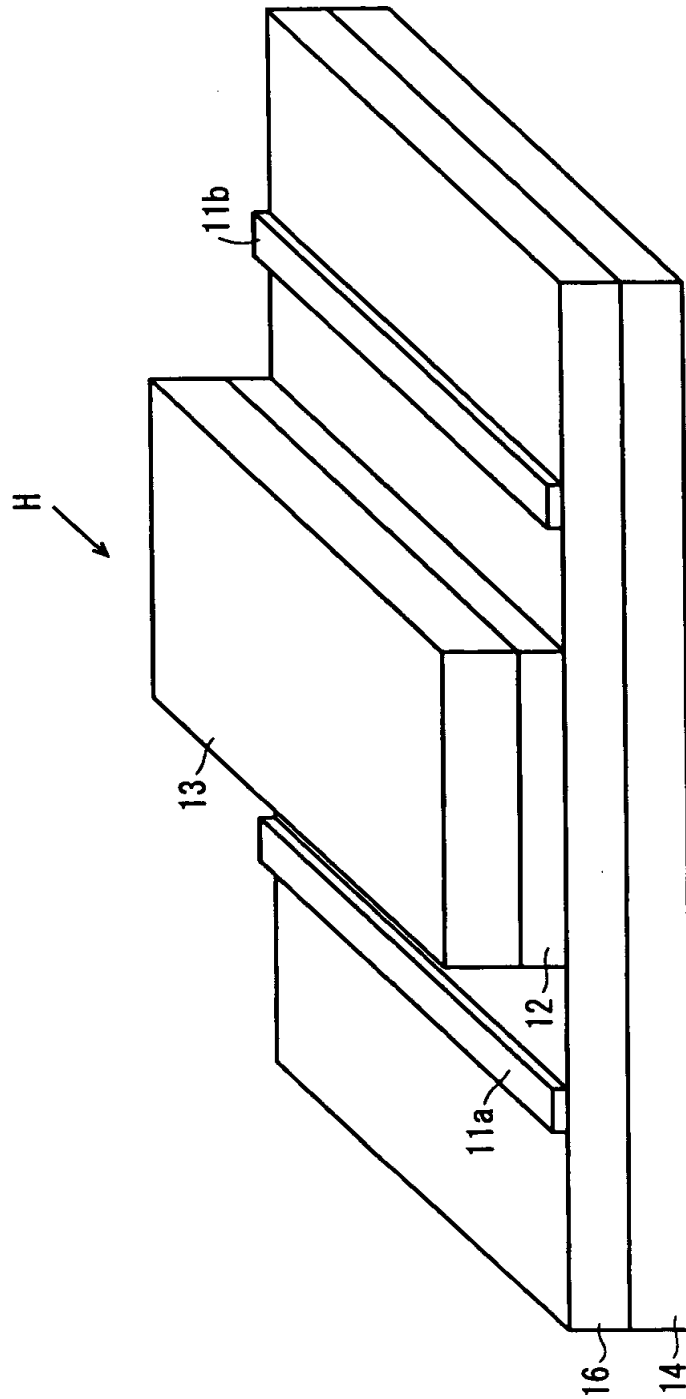
【図 3】



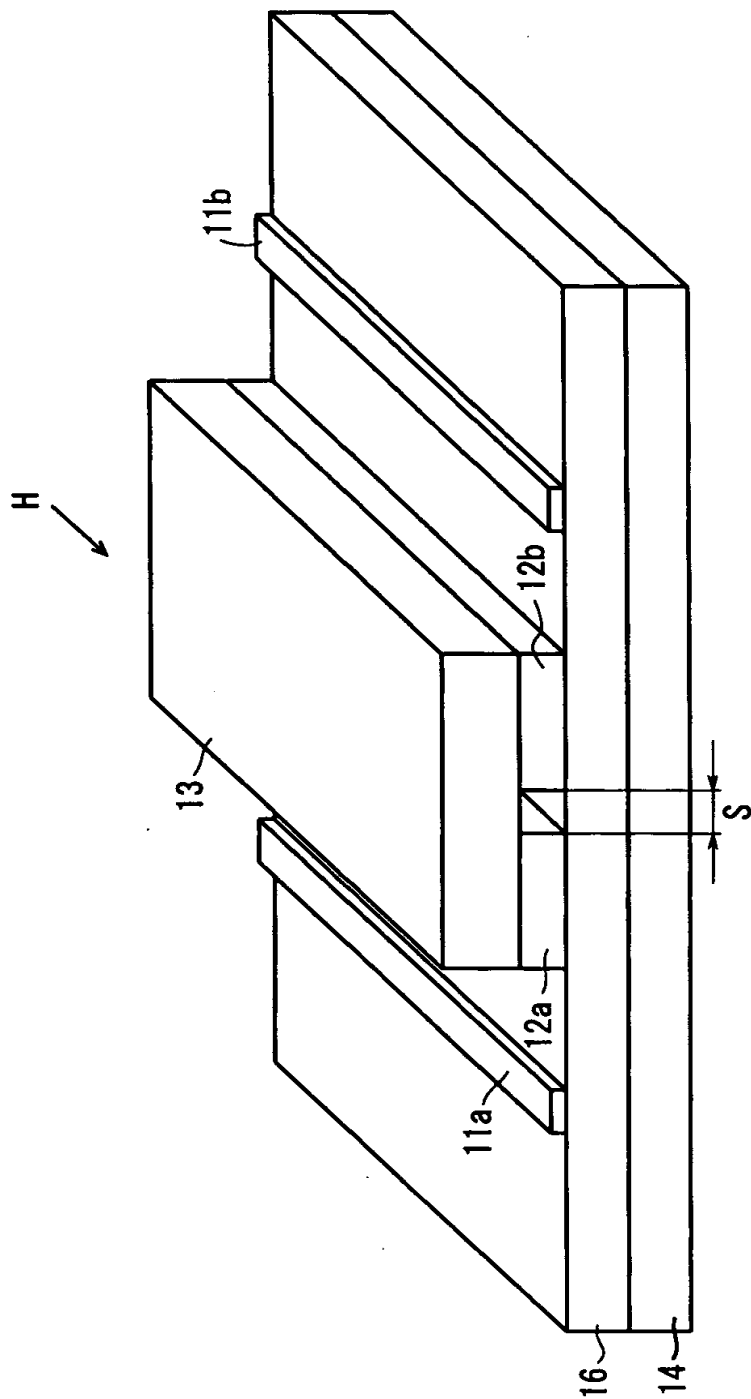
【図 4】



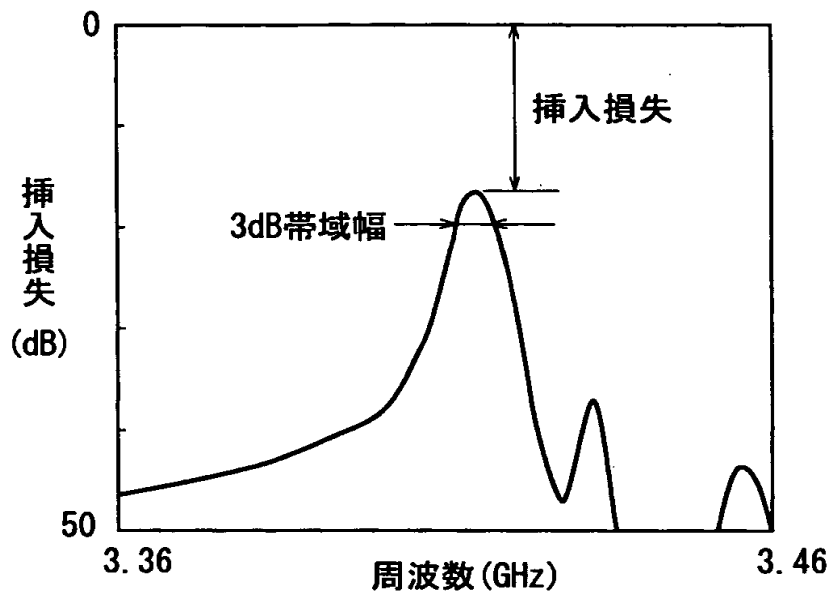
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 挿入損失を増大させることなく、通過帯域幅を拡大することができるとともに、通過帯域内の周波数特性を平坦化することができる静磁波素子を提供する。

【解決手段】 G G G 基板 3 の上に形成した Y I G 膜を階段形状の溝 5 により Y I G 膜 2 a, 2 b に分離して端面間の間隔が異なる Y I G 膜 2 a, 2 b を作成し、間隔が異なる端面間で静磁波を共振させる 2 つの Y I G 膜 2 a, 2 b を結合して共振器を構成する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日 1993年10月20日
[変更理由] 住所変更
住 所 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
氏 名 三洋電機株式会社